

ESTUDIOS ECOLOGICOS SOBRE LAS COMUNIDADES INCRUSTANTES DE PUERTO QUEQUEN (ARGENTINA)

I. CARACTERISTICAS DEL MICROFOULING*

DR. RICARDO BASTIDA** Y LIC. GUSTAVO BRANKEVICH***

* Trabajo realizado por Convenio con el INIDEP.

** INIDEP, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero y CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

*** DEBA, Dirección de la Energía de la Provincia de Buenos Aires.

SUMMARY*

Researches on fouling communities in Argentina have been related mainly with ships and harbour constructions. There are no previous studies on fouling from conducts of power stations in the country.

This assay was carried out in the thermoelectric power station of Puerto Quequén. The aim of the study was to assess the incidence of local fouling and the settlement period of the different species and on this basis, determine the best schedule for an anti-fouling system based on chlorination.

Two sites were chosen for the immersion of experimental plates: one near the water intake, well illuminated, and another near the pumps, characterized by the absence of light.

The first part of the study deals with the analysis of micro-fouling, while the second paper, related with macrofouling and evolution of the community, is actually being prepared.

The microfouling of Puerto Quequén presents a considerable degree of diversity; this fact is probably related with the transitional characteristics of the environment, where typically marine organisms coexist with estuarine forms.

Diatoms were found to be one of the most important microfoulers at Puerto Quequén. During this assay, twenty-six genera and more than forty species were registered.

Generic diversity of diatoms is similar to that observed at Mar del Plata harbour and more than 50 % of genera were found in both harbours. The difference between both areas is given mainly by the presence of freshwater and mixohaline forms such as *Surirella* spp., *Melosira granulata*, *Roicosphenia curvata* at Puerto Quequén, and of typically marine planktonic species such as *Bacterias-trum*, *Chaetoceros* and *Skeletonema* at Mar del Plata. These last species settle on experimental plates by deposition from the surrounding water.

The most conspicuous diatoms of Puerto Quequén are *Navicula grevillei* and other species of the same genus, *Melosira granulata* and *Achnantes longipes*, followed in importance by *Synedra* spp., *Licmophora abbreviata* and *Nitzschia sigma*. The remaining species settle in such low densities that it becomes impossible in most cases to determine any definite pattern of settlement.

In spite of the fact that diatoms usually grow in well illuminated zones, some species thrive in the lightless inner panels; this is the case of several species of *Navicula* and *Coscinodiscus*,

of *Melosira granulata* and others.

Green algae were represented by six genera, so that this group appears more diversified than in other harbours. This is due to the presence of typical mixohaline forms in this area. *Enteromorpha* has been considered a microfouling species exclusively during its early stages of development while the remaining green algae are all microscopic forms.

Protozoans were found to be less diversified than in the Mar del Plata area, though this may result from the fact that this is the first assay and some free-living ciliates must still be identified. *Zoothamnium* was the most prominent protozoan in local microfouling, coinciding with observations in other harbours.

Rotifers were represented by three different genera, but settle occasionally and in low densities.

Although nematodes play an important role in the microfouling of Mar del Plata, they are not important organisms at Puerto Quequén. This is probably related to the lower degree of pollution in this last harbour.

Copepods are considerably diversified and were represented by nine genera, most of them harpacticoids. In other previously studied harbours they appear less diversified, though numerically abundant.

* Bastida, R. & Brankevich, G.- Ecological aspects of fouling communities of Puerto Quequén (Argentina). I. Microfouling. CIDEPINT-Anales, 1981, 199-231.

INTRODUCCION

Las investigaciones sobre comunidades incrustantes de las costas argentinas habían sido enfocadas hasta el presente exclusivamente hacia los problemas que las mismas ocasionan en embarcaciones y construcciones portuarias, no existiendo antecedentes sobre estudios en sistemas de refrigeración.

Este aspecto fue encarado recientemente a raíz de un pedido efectuado por la Dirección de la Energía de la Provincia de Buenos Aires (DEBA), motivado por los serios trastornos ocasionados por las incrustaciones en los sistemas de refrigeración de la central termoeléctrica de Puerto Quequén.

En base a este pedido, y teniendo en cuenta la carencia de estudios previos sobre las comunidades bentónicas locales, se planeó desarrollar un estudio general a lo largo de un ciclo anual (setiembre 1977/agosto 1978), utilizando sustratos experimentales, a los efectos de obtener un panorama general del problema y sus posibles soluciones. Cabe señalar que en años anteriores uno de los autores había efectuado una inspección en los sistemas de refrigeración de la central con la finalidad de conocer los alcances del fenómeno mencionado.

Los estudios desarrollados en esta primera etapa fueron comunicados preliminarmente durante el V Congreso Internacional de Corrosión Marina e Incrustaciones de Barcelona, España (19-23 de mayo de 1980) y han estado referidos al análisis de los ciclos de fijación de los organismos y de las variaciones en la biomasa de la comunidad y su evolución en el tiempo.

Estos estudios se han desarrollado con la finalidad de que sirvan de base para la efectiva aplicación de sistemas de control en la central, como así también para ensayos de pinturas antifouling en embarcaciones locales.

En esta primera parte del trabajo, el esfuerzo ha estado centrado en el estudio del microfouling, que caracteriza las primeras etapas de colonización y determina en gran medida las posteriores etapas del proceso.

También cabe señalar que en los últimos años el estudio del microfouling está adquiriendo gran importancia en relación al desarrollo del principio de conversión de energía térmica oceánica (OTEC). Este concepto se basa en el empleo de las diferencias térmicas existentes entre las aguas cálidas superficiales del océano y las aguas frías profundas para generar energía mediante el empleo

de sofisticados intercambiadores de calor.

Dado que en el ambiente marino las diferencias térmicas no resultan ser de gran magnitud, la eficiencia de un sistema OTEC es bastante baja y por ende la operación del mismo requiere una eficiencia máxima en los intercambiadores de calor. Recientemente se ha comprobado que la eficiencia de estos últimos suele reducirse notablemente, entre otros factores, por el microfouling, por lo cual su conocimiento y mecanismos de control encierra un nuevo interés no sospechado hasta hace pocos años.

En una segunda parte del trabajo se expondrán aquellos aspectos vinculados con el macrofouling, con lo cual se obtendrá un panorama básico de las comunidades incrustantes de Puerto Quequén.

AREA DE ESTUDIOS

Se trata de una zona con características peculiares desde el punto de vista hidrológico, debido a la influencia recíproca que se establece entre la masa de agua de origen marino y los aportes fluviales. Como consecuencia, a lo largo del día y de las estaciones del año se producen marcadas variaciones de los factores ambientales, principalmente en lo que respecta a la salinidad y temperatura de las aguas, que pueden repercutir de diversas formas en las comunidades incrustantes.

El río Quequén Grande nace en la laguna Quequén y su desembocadura al Océano Atlántico se produce a los 38°36'S y 58°40'0, recibiendo afluentes de caudal variable a lo largo del año. Presenta un ancho máximo de aproximadamente 60 m y su profundidad natural es de 1,8 m como mínimo, si bien en épocas de crecientes producidas por las lluvias su nivel puede aumentar a 3 m. El caudal de agua del río suele ser considerable, aún en las épocas de mayor sequía.

En la zona próxima a la desembocadura del río Quequén Grande se encuentra emplazado el Puerto Quequén (fig. 1), en cuyo ámbito está situada la central termoeléctrica de DEBA. Este puerto está limitado en su desembocadura por dos escolleras; la del oeste, que es la principal, corre de NO a SE, con una longitud de 1 192 m, y la del este, de 572 m de largo, corre de N a S, existiendo entre ambas un paso de 200 m. Presenta una zona de dragado de ancho variable, que oscila entre 7,3 m y 6,4 m como mínimo de profundidad, admitiendo un calado máximo de 8,23 m con altas mareas y con mar calmo ⁽²¹⁾.

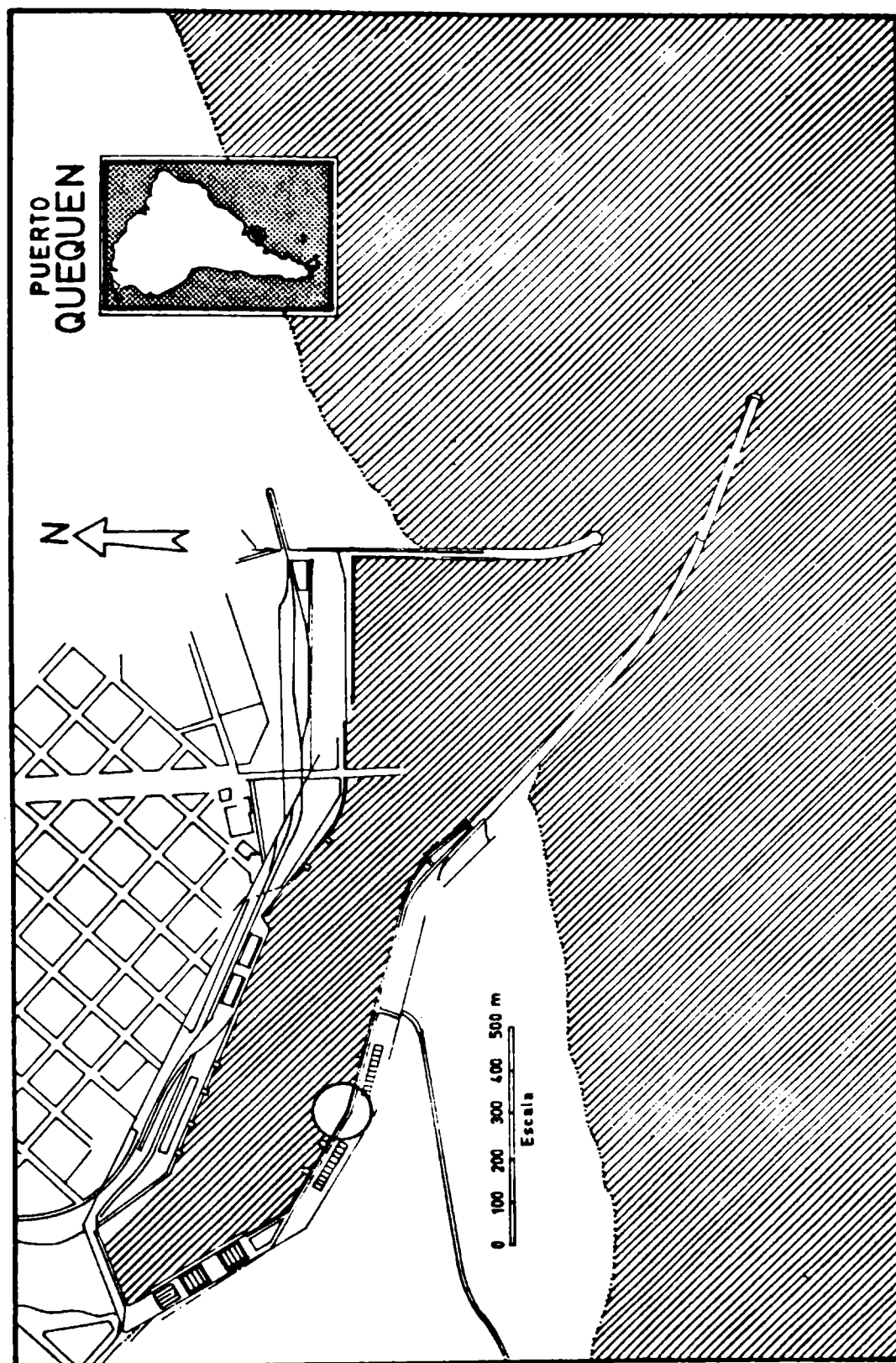


Figura 1

En cuanto el régimen de mareas, el establecimiento del puerto medio de Quequén es de 5 horas 45 minutos; la amplitud de la marea de sicigias medias, de 0,9 m. Estas mareas producen corrientes que se hacen sentir hasta algunas millas de la costa con una intensidad de 0,5 a 1 nudo, aunque en casos excepcionales pueden ser mayores; en la zona de la desembocadura, las corrientes de marea llegan a ser más intensas, hasta de 2 nudos en el último período de vaciante. Este factor hace que se establezcan influencias recíprocas entre las masas de agua marina y fluvial, registrándose el efecto de la marea hasta 3 km dentro de la zona del río.

También debe tenerse en cuenta la influencia de la dirección e intensidad de los vientos sobre la amplitud de marea y la magnitud de la corriente de marea.

Los ensayos del presente trabajo fueron realizados en la toma de agua y sala de bombas de la central de DEBA, cuya ubicación se indica con un círculo en la figura 1.

A continuación se comentan los principales factores ambientales considerados durante el estudio.

Temperatura

De acuerdo a los estudios realizados en otras áreas portuarias del país, se ha podido determinar que la temperatura del agua constituye uno de los principales reguladores de los ciclos de fijación de los organismos incrustantes y del desarrollo de las comunidades que ellos integran, de ahí la importancia de conocer en forma precisa la dinámica térmica a lo largo del año.

La temperatura media del agua superficial, a la altura de la toma de la central de DEBA, ha presentado una variación anual de aproximadamente 11°C; la amplitud térmica máxima para un mismo mes fue de 6°C y se registró en el mes de febrero. Durante este mes se registró también el valor máximo de temperatura de 22,5°C, mientras que el mínimo de 8,0°C tuvo lugar en el mes de agosto (fig. 2).

La curva de la temperatura media del aire resulta semejante a la del agua, notándose claramente la influencia que existe entre ambos factores (fig. 3).

El patrón térmico que presenta Puerto Quequén es muy similar al observado en el puerto de Mar del Plata y Puerto Belgrano a lo largo de varios años (¹, ², ³, ⁹, ²²).

Salinidad

Como ya fue mencionado, el área de estudios se encuentra

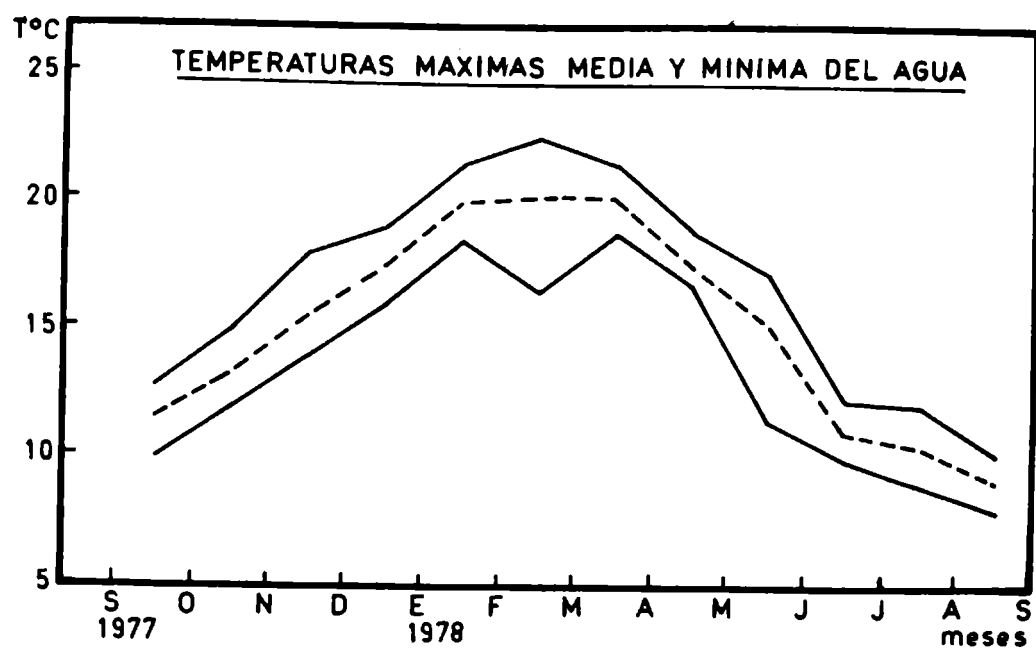


Figura 2

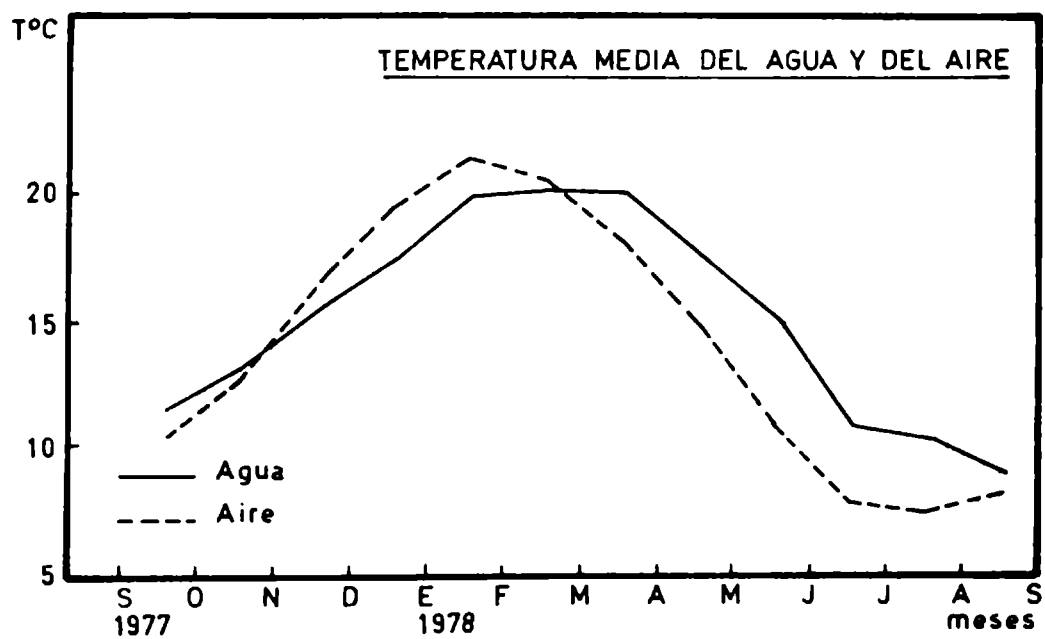


Figura 3

regulada por la influencia recíproca de las aguas marinas y fluviales. Consecuentemente, la salinidad del agua resulta ser un factor marcadamente variable, que podría condicionar importantes modificaciones en el desarrollo de los organismos incrustantes o afectar algunas de sus funciones básicas.

Las variaciones que se producen en la salinidad son de dos tipos: por una parte, existen fluctuaciones a lo largo del día, debido a la influencia de la marea. Para detectar estos cambios se obtuvieron muestras de agua superficial a distintas horas, registrándose en cada caso el estado de la marea. Puede observarse en la figura 4 la relación directa que existe entre los valores de salinidad y el estado de la marea. En un alto porcentaje de los casos, los valores más altos de salinidad corresponden al momento de la pleamar, en que pueden alcanzarse valores de hasta 33 por mil, semejantes a los típicos para el agua de mar de la zona. Durante la bajamar, la salinidad desciende notablemente, debido al aporte fluvial. De esta forma, la amplitud de salinidad diaria puede ser de más del 15 por mil (fig. 4).

Por otra parte, en ciertas épocas del año, el caudal del río aumenta por efectos de las lluvias y se observan valores de salinidad más bajos que lo habitual, pero siempre se mantienen las variaciones diarias entre la baja y la pleamar. Una excepción a esto se produjo bajo ciertas condiciones especiales durante el mes de setiembre, en que la salinidad registrada fue muy baja y no se observó el efecto de la influencia marina durante la pleamar. Este fenómeno coincidió con un período de precipitaciones pluviales de gran magnitud, que ocasionaron inundaciones en toda la provincia de Buenos Aires. Los valores de salinidad volvieron al régimen normal en forma paulatina, al reducirse el caudal del río.

Durante el segundo semestre de 1978, la salinidad osciló entre 33 y 2,5 por mil. Dichos valores evidencian de por sí la importancia de este factor, ya que fenómenos como los anteriormente citados pueden producir valores muy bajos de salinidad, que resulten letales incluso para especies eurihalinas, como las que habitan en la zona. Los descensos bruscos de salinidad, por otra parte, pueden ocasionar el ingreso transitorio de organismos dulceacuícolas durante ciertos períodos.

Como complemento de los datos de salinidad correspondientes a este ensayo se incluyen otros obtenidos posteriormente al mismo (fig. 5); a través de ellos pueden observarse las mismas fluctuaciones por influencia de la marea y valores muy bajos, coincidentes con crecidas del río, por efecto de lluvias. En la figura 6 se resumen los valores de salinidad máximos, mínimos y medios a lo largo de un período anual.

Este panorama con respecto a la salinidad presenta algunas similitudes con observaciones realizadas en la zona de Bahía Blanca-

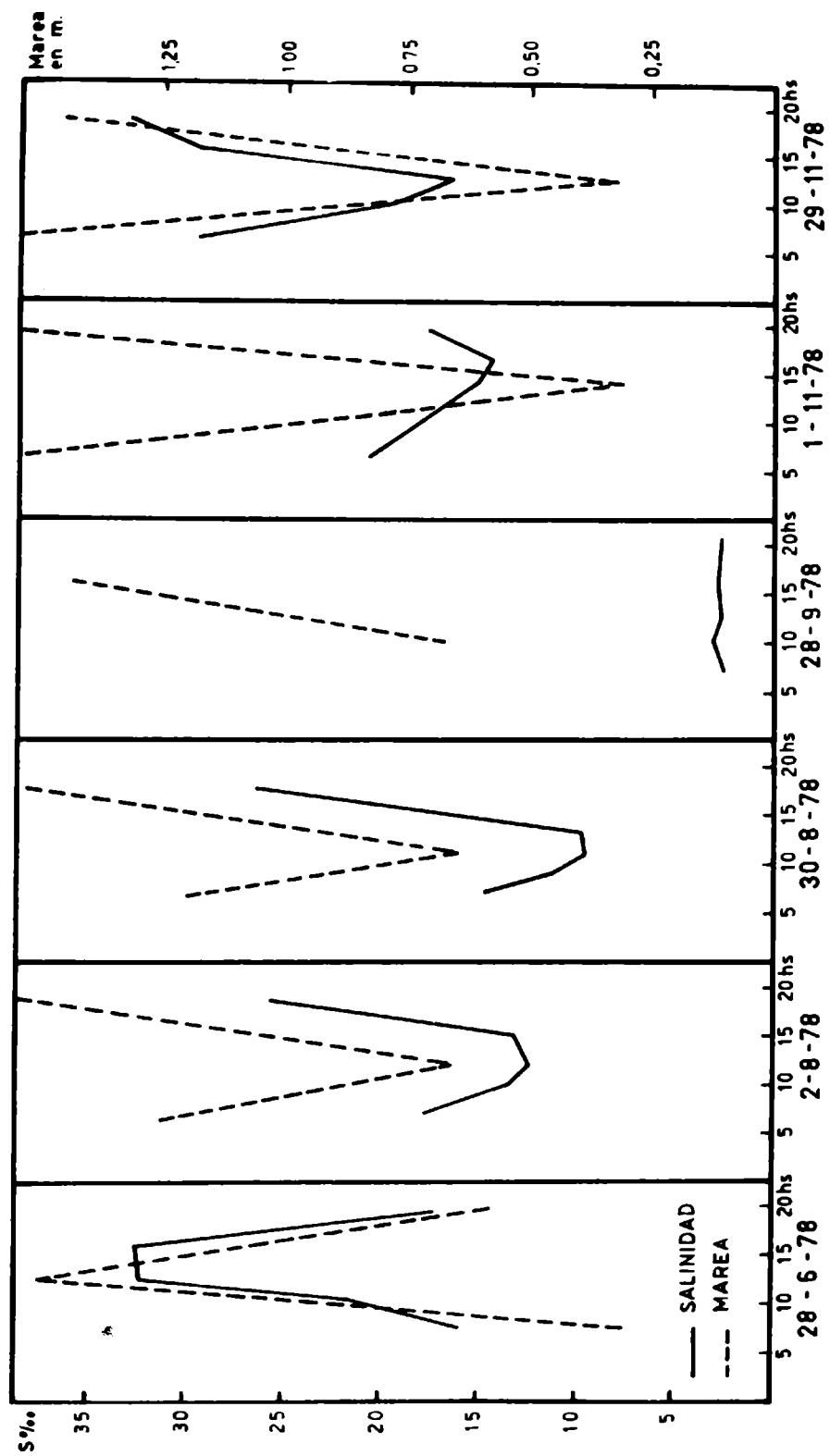


Figura 4.- Relación entre la salinidad y el estado de la marea, período junio/noviembre 1978

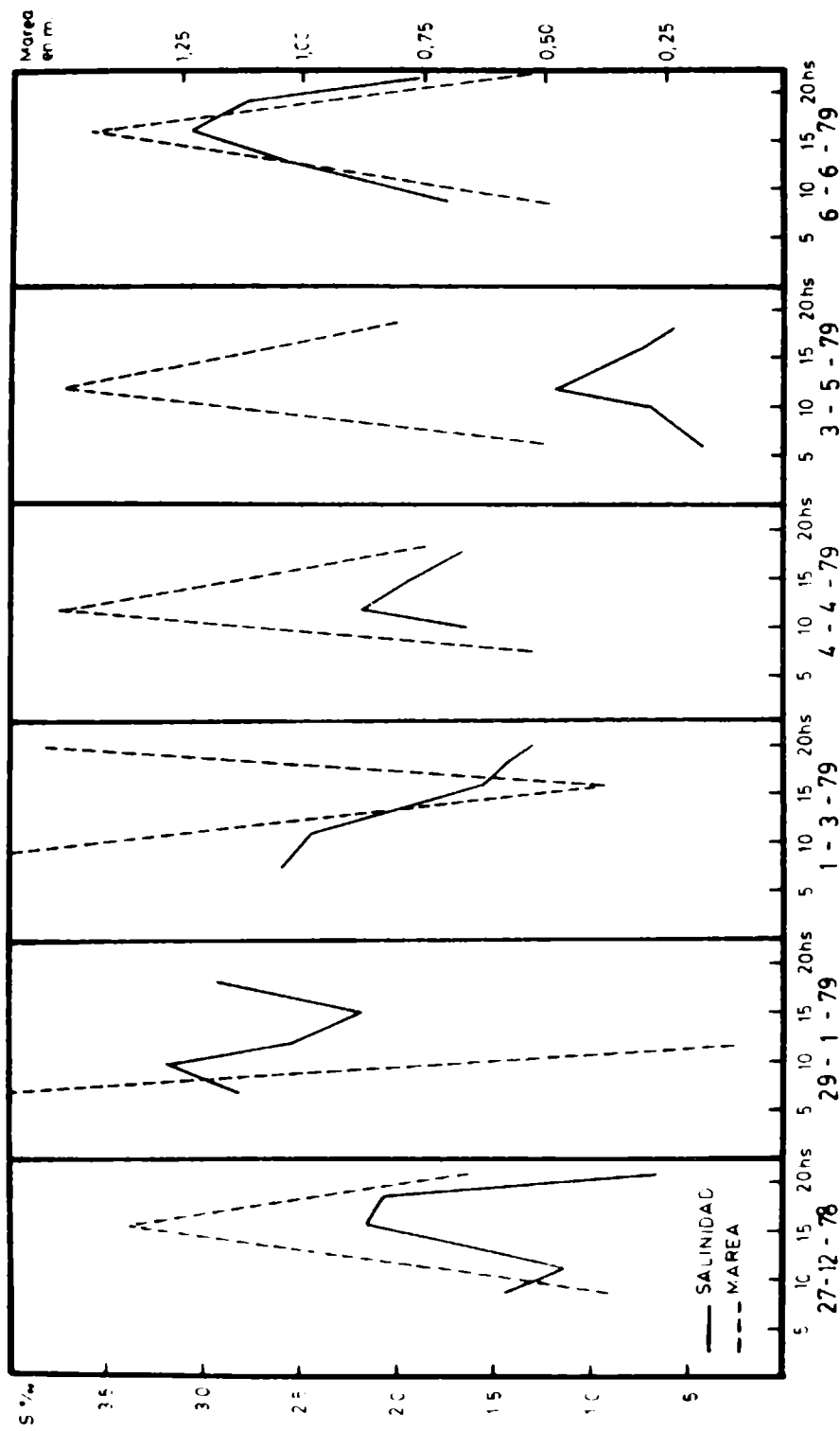


Figura 5.- Relación entre la salinidad y el estado de la marea, período diciembre 1978/junio 1979

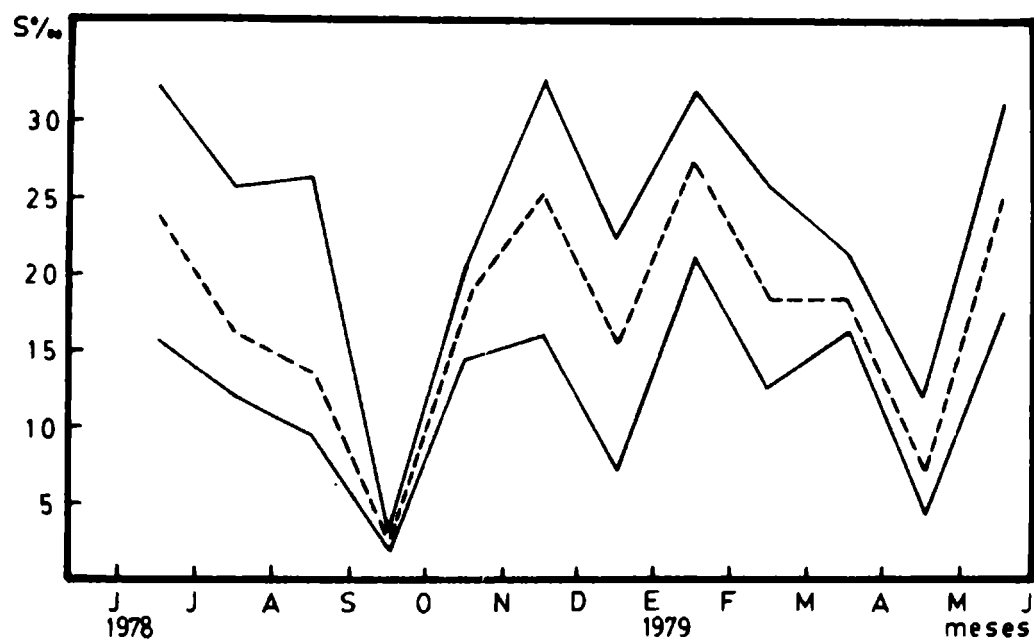


Figura 6.- Salinidad máxima, mínima y media

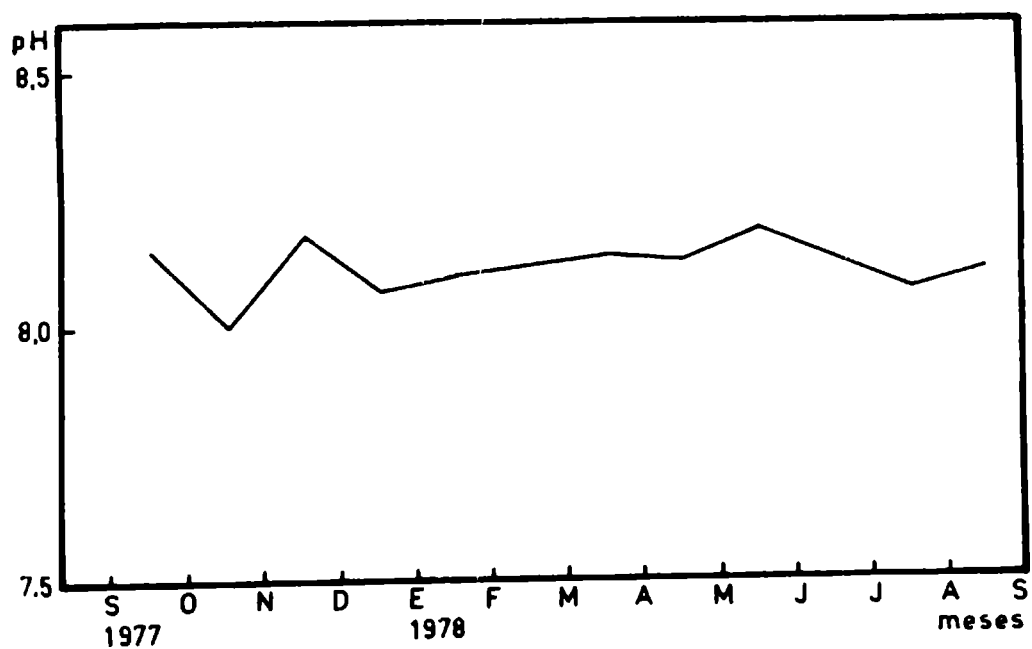


Figura 7.- pH del agua de mar

ca, pero difiere notablemente del esquema que presenta el puerto de Mar del Plata, en donde los valores de salinidad son muy estables a lo largo del año y éste no constituye un factor que influya marcadamente en la dinámica de las comunidades incrustantes locales (1, 2, 3, 22).

pH

Este factor interesa principalmente en relación a los fenómenos de contaminación. En aquellas zonas portuarias con gran aporte de materia orgánica y poca renovación de las aguas, el pH suele descender notablemente, como ha sido observado en el puerto de Mar del Plata (1, 2, 3, 22).

En la zona de Puerto Quequén, los valores de pH se han mantenido por encima de 8 a lo largo de todo el año, indicando la ausencia de procesos importantes de contaminación por materia orgánica. Los valores registrados, por otra parte, son compatibles con valores normales de oxígeno disuelto (fig. 7).

Con respecto a la transparencia del agua, no se observan notables diferencias a lo largo del año, y puede decirse que, en términos generales, las aguas de Puerto Quequén presentan una mayor turbidez que las de la zona marina adyacente, debido a la presencia de sedimentos en suspensión. Los mismos son tanto de origen local como fluvial y aumentan notablemente durante los períodos de crecida por lluvias.

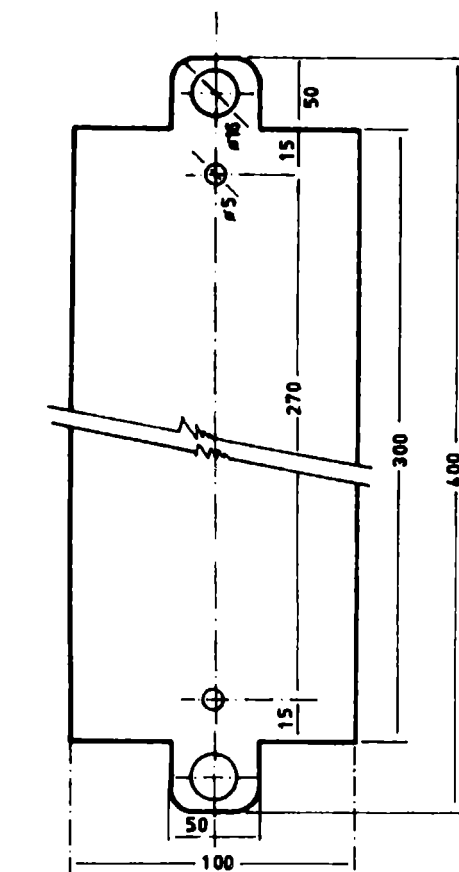
En cuanto a la turbulencia, la zona presenta una moda calma y siempre una turbulencia menor que la zona marina adyacente, si bien durante períodos breves ésta puede aumentar, debido a los efectos de vientos locales.

METODOLOGIA

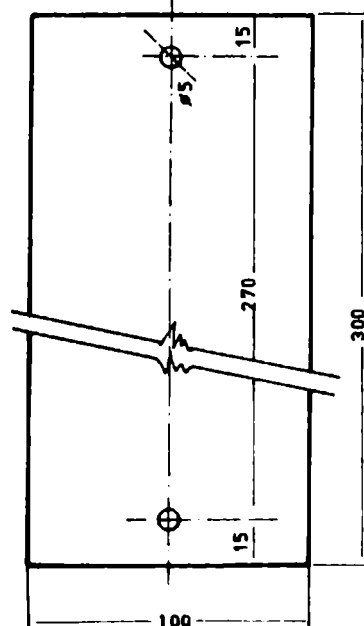
Para la obtención de las muestras biológicas, estudio de los ciclos de fijación de los organismos incrustantes y análisis de la evolución de la comunidad se emplearon sustratos artificiales inertes, consistentes en paneles de acrílico arenado. Estos paneles fueron dispuestos en juegos y ubicados en tres niveles de profundidad diferentes, con la finalidad de obtener un muestreo representativo.

Cada juego estaba compuesto por dos paneles de acrílico su-

ALMA SOPORTE DE ACRILICO



PANEL DE ACRILICO



CONJUNTO DE ALMA SOPORTE Y PANELES DE ACRILICO

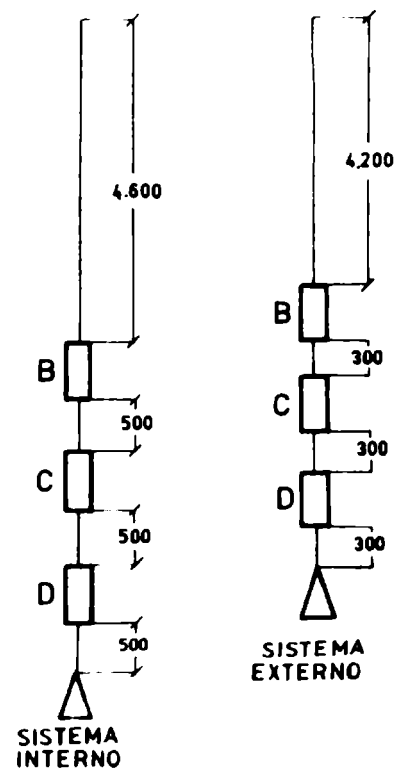


Figura 8.- Esquema de los sistemas colectores

perpuestos, de 30 x 10 cm y 2 mm de espesor, sujetos a un soporte también de acrílico (fig. 8). Los tres juegos de paneles que componían cada sistema fueron suspendidos mediante una soga de nailon, sujeta por su extremo superior a un gancho amurado y en cuyo extremo inferior se colocó un peso para otorgar rigidez al conjunto (fig. 8).

De acuerdo a la metodología de muestreo empleada, los paneles se dividieron en dos categorías:

- a) Paneles mensuales, que son aquellos que permanecen sumergidos por períodos de treinta días y permiten bosquejar los ciclos de fijación de las diferentes especies. Cabe señalar que para la realización de esta primera parte del trabajo se emplearon exclusivamente los paneles mensuales, en virtud de que es en ellos donde el microfouling está mejor representado y es posible estudiarlo a lo largo de todo el año.
- b) Paneles acumulativos, que son aquellos que permanecen sumergidos por períodos progresivamente más largos, desde el primer mes de inmersión hasta el final del período establecido, y brindan información sobre la evolución de la comunidad incrustante.

La elección de las zonas de ubicación de los sistemas suscitó algunos inconvenientes, dada la imposibilidad de su colocación dentro de los canales de refrigeración, los que trabajan continuamente a caudal completo. Por este motivo se decidió ubicar los sistemas en dos lugares accesibles en todo momento (fig. 9):

- a) Toma de agua (entrada al circuito): sistema de paneles externo, normalmente iluminado.
- b) Pileta decantadora de arena (sala de bombas, anterior a los filtros rotativos): sistema de paneles interno, sin iluminación.

Cada uno de estos lugares se estudió en forma independiente, con sistemas de paneles mensuales y acumulativos propios, a los efectos de poder comparar los ciclos de fijación de los organismos y la evolución de la comunidad incrustante en ambas zonas.

La obtención de muestras se llevó a cabo durante el período setiembre 1977/agosto 1978.

Los muestreos se realizaron mensualmente, retirando el sistema mensual y el acumulativo correspondiente a ese mes. Una vez extraídos, los paneles fueron colocados en bolsas de polietileno con formol al 5 por ciento para su posterior traslado. Los paneles mensuales eran reemplazados inmediatamente por nuevos juegos; los acumulativos se renovaban al final de cada cuatrimestre. De los dos

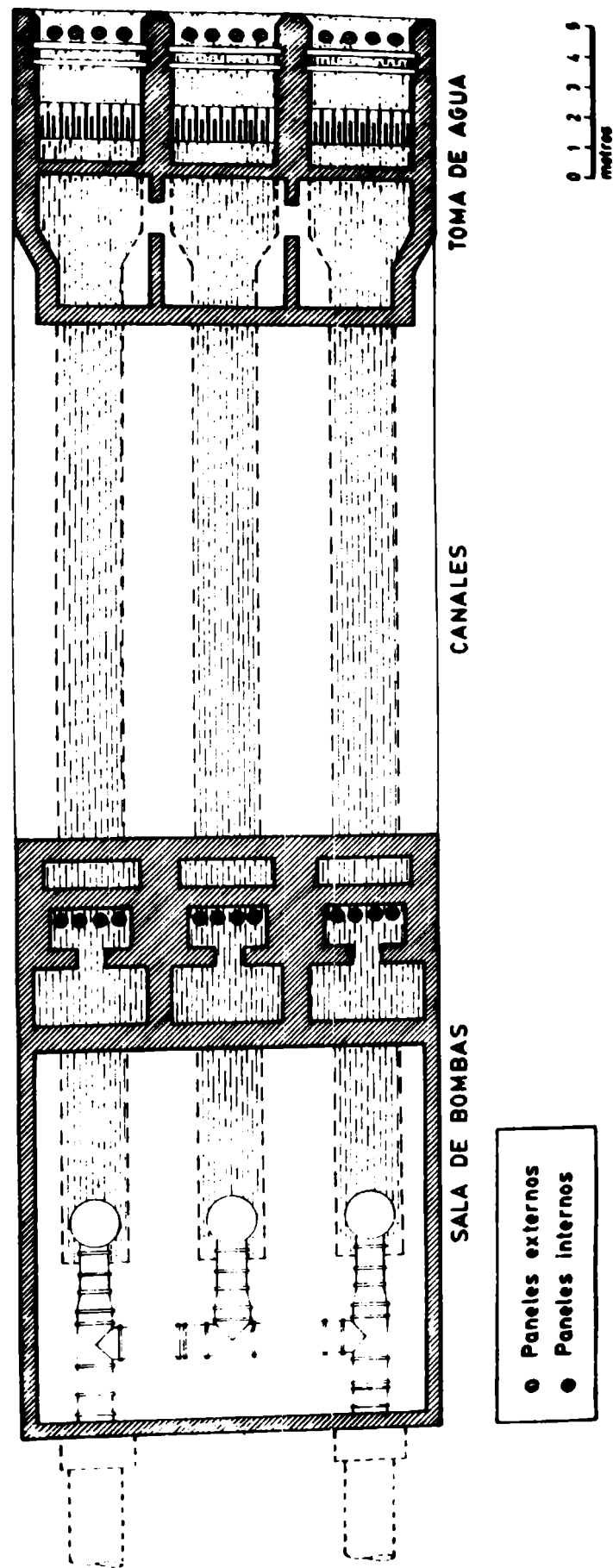


Figura 9.- Ubicación de los paneles experimentales en los canales de refrigeración de la Central

paneles que componen el juego, uno se utilizó para el reconocimiento sistemático de los organismos, distribución espacial, etc., y el otro, para la evaluación de la biomasa. Los paneles destinados al estudio de la biomasa fueron raspados sin efectuarse una observación previa y el material obtenido fue procesado para la determinación de peso húmedo, peso seco y peso cenizas, siguiendo las técnicas clásicas.

LISTA DE ORGANISMOS DEL MICROFOULING REGISTRADOS SOBRE PANELES EXPERIMENTALES EMPLAZADOS EN LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE LA D.E.B.A.
PUERTO QUEQUEN PERIODO 1977/78

ALGAS

Crisofitas

Achnantes longipes
Actinopterychus vulgaris
Amphora sp.
Asterionella japonica
Biddulphia aurita
Biddulphia chinensis
Biddulphia mobiliensis
Ceratoneis cf. *arcus*
Cocconeis sp.
Coscinodiscus spp.
Cyclotella sp.
Cymbella cf. *ventricosa*
Ditylum brightwellii
Gomphonema sp.
Grammatophora cf. *marina*
Gyrosigma sp.
Licmophora abbreviata
Melosira granulata
Melosira sulcata
Melosira sp.
Navicula cf. *grevillei*
Navicula spp.
Nitzschia acicularis
Nitzschia closterium
Nitzschia seriata
Nitzschia sigma
Nitzschia sp.
Pinnularia sp.
Pleurosigma spp.
Rhoicosphenia curvata

Stephanopyxis sp.
Surirella spp.
Synedra spp.
Thalassiosira cf. *ovalis*
Thalassiothrix sp.

Cianofitas

Calothrix sp.
Chroococcaceae indet.

Clorofitas

Enteromorpha spp.
Kirchneriella cf. *lunaris*
Pediastrum sp.
Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus quadricauda
Scenedesmus sp.
Staurastrum sp.
Ulothrix sp.

PROTOZOOS

Dinoflagelados

Ceratium sp.
Exuviaella sp.
Peridinium sp.
Prorocentrum sp.

Silicoflagelados

Dyctiocha sp.

PROTOZOOS (continuación)

Ciliados

Cothurnia sp.
Favella sp.
Vorticella sp.
Zoothamnium sp.
Enchelyidae cf. *Lacrymaria* sp.
Folliculinidae
Libres indet.

Suctorios

Acineta sp.
Ephelota sp.

Rizópodos

Amoeba sp.
Bolivina sp.
Foraminíferos indet.

ROTIFEROS

Colurella sp.
Diurella sp.
Trichocerca sp.

NEMATODES indet.

CRUSTACEOS

Copépodos

Ameira sp.
Amphiascus spp.
Dactilopodia sp.
Drepanopus forcipatus
Harpacticus sp.
Laophonte sp.
Nitocra spp.
Paralaophonte sp.
Tisbe sp.

CICLOS DE FIJACION DE LOS PRINCIPALES ORGANISMOS DEL MICROFOULING

De las especies del microfouling registradas durante el presente ensayo, se seleccionaron aquellas más significativas para graficar su ciclo de fijación.

Las bacterias, a pesar del papel fundamental que juegan en las primeras etapas de colonización, no han podido ser consideradas en esta oportunidad, dado que la metodología empleada no se adapta para su estudio.

Como ya fuera mencionado, se ha considerado por separado la colonización que se produce en los sistemas de las zonas externa e interna, en función de las condiciones ecológicas diferentes que predominan en cada una de ellas.

Los gráficos de fijación de los organismos fueron realizados en base a una escala de abundancia relativa, que incluye cuatro categorías (abundante, frecuente, escasa y rara) y que se indican con trazos de distinto grosor. Los tres niveles de profundidad en que

se ubican los paneles han sido denominados B, C y D, siendo el primero el más superficial y el último el más profundo (fig. 8). En cada uno de los gráficos y a los efectos de realizar comparaciones, se incluye el ciclo de fijación en los sistemas interno y externo que se indican con los subíndices "I" y "E" respectivamente.

Achnantes longipes (fig. 10)

Esta diatomea ha estado presente a lo largo de casi todo el año, si bien con una mayor densidad durante el período enero/febrero y una mínima fijación a partir del mes de junio. Presenta una clara estratificación batimétrica, con preferencia por los niveles B y C, coincidente con lo observado para la misma especie en el puerto de Mar del Plata (8, 22).

Su fijación se registra casi exclusivamente en la zona externa bien iluminada, habiéndosela registrado en los paneles internos sólo en tres oportunidades y en cantidades mínimas.

Actinoptychus vulgaris (fig. 10)

Se trata de una especie muy poco frecuente en las comunidades incrustantes de éste y otros puertos estudiados del país.

Su fijación ha sido registrada en forma esporádica y en bajas densidades, sin llegar a configurar un claro ciclo de colonización.

Ha estado presente en los tres niveles de profundidad considerados, con clara preferencia por aquellos paneles ubicados en la zona externa.

Amphora sp. (fig. 10)

Al igual que en otros puertos de nuestras costas, este género ha estado muy poco representado en las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (2, 8, 22).

Su presencia en los paneles experimentales se registra desde el inicio del ensayo, siendo el primer semestre el de mayor fijación. Durante los últimos meses la colonización resulta muy ocasional.

Esta diatomea logra fijarse en igual medida en los tres niveles de profundidad estudiados, con claras preferencias por los paneles externos. La fijación en la zona interna se produce en forma esporádica y en menor densidad.

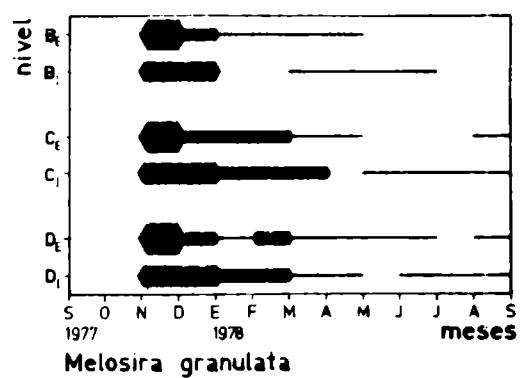
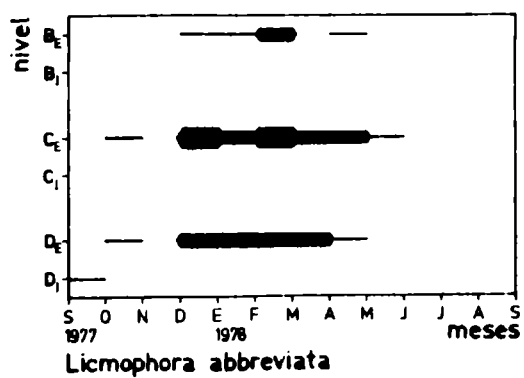
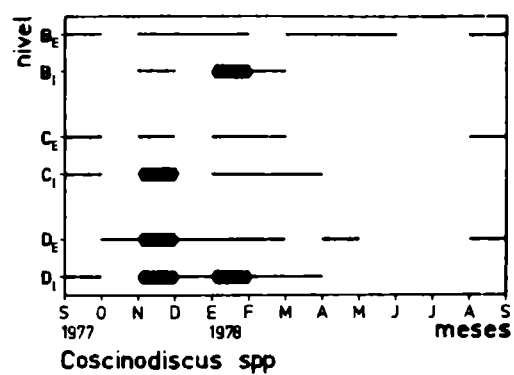
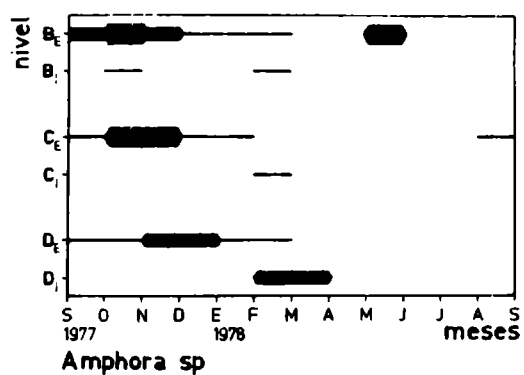
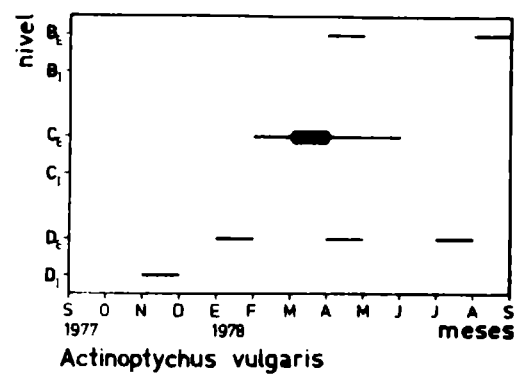
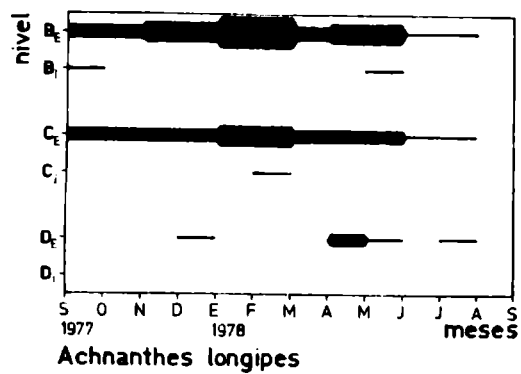


Figura 10.- Ciclos de fijación sobre paneles mensuales

Coscinodiscus spp. (fig. 10)

Este género está integrado en Puerto Quequén por más de dos especies aún en estudio, motivo por el cual han sido graficadas conjuntamente. Se trata de un género poco importante dentro de las comunidades incrustantes locales, como así también de las de otros puertos estudiados previamente. Su presencia se ha registrado desde el inicio del ensayo, siendo el primer semestre el de mayor fijación y observándose una colonización algo más importante en los meses de noviembre y enero. En el segundo semestre ha estado presente en densidades mínimas y ausente algunos meses. Es capaz de colonizar los distintos niveles de profundidad analizados, con una aparente preferencia por el más profundo, semejante a lo observado durante algunos ensayos previos en el puerto de Mar del Plata. Durante algunos meses se nota una mayor densidad de colonización en los paneles internos.

Licmophora abbreviata (fig. 10)

Durante el presente ensayo, esta diatomea ha configurado un ciclo de fijación estacional que se extiende entre diciembre y mayo, con algunas colonizaciones esporádicas previas de mínima densidad.

Se observa una tendencia por colonizar preferentemente los niveles C y D, siendo menor la fijación en el nivel superior (B); este hecho se contrapone con lo observado para *Licmophora abbreviata* en el puerto de Mar del Plata, donde muestra tendencia por colonizar los paneles de línea de flotación y primero de carena (8, 22).

Esta especie está prácticamente ausente de los paneles internos.

Melosira granulata (fig. 10)

El género *Melosira* ha estado representado durante este ensayo por tres especies, de las cuales *Melosira granulata* ha resultado ser la más importante.

Es la primera vez que se cita a esta diatomea como integrante de las comunidades incrustantes de nuestros puertos. Se trata de una especie típica de aguas dulces y mixohalinas, que encuentra condiciones favorables para su desarrollo en Puerto Quequén. Durante el ensayo ha logrado colonizar paneles tanto externos como internos; el período de fijación comienza en el mes de noviembre, siendo este mes junto con diciembre los de mayor abundancia. A partir de enero la

fijación comienza a decrecer, haciéndose mínima a partir de abril. Si bien esta especie ha estado presente a lo largo de casi todo el ensayo, su fijación configura un ciclo de tipo estacional (12, 20).

Resulta llamativo que *Melosira granulata* logre colonizar en igual medida paneles externos e internos, dada la carencia total de luz en estos últimos; sin embargo, cabe señalar que en el puerto de Mar del Plata hemos podido observar fenómenos similares en otras especies del mismo género.

Melosira sulcata (fig. 11)

Ha sido la especie del género menos representada durante este período.

Si bien ha logrado colonizar los paneles a lo largo de todo el año, lo ha hecho en densidades mínimas, con leves incrementos durante los meses de enero y abril. Se observa en esta especie una cierta tendencia por colonizar preferentemente los paneles internos, hecho que evidencia una adaptación fisiológica particular.

Melosira sp. (fig. 11)

Esta diatomea, aún no definida específicamente, ha resultado más frecuente que la especie anterior.

Ha estado presente a lo largo de todo el año sin mostrar claras preferencias por colonizar algún nivel de profundidad particular. Sin lugar a dudas, esta especie difiere notablemente de las dos citadas anteriormente en cuanto a sus requerimientos ambientales, ya que prácticamente está ausente de los paneles internos sin iluminación.

Navícula spp. (fig. 11)

Si igual que en otros puertos del mundo, las diatomeas del género *Navícula* han resultado ser las dominantes en las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (23).

Durante el presente ensayo se ha registrado *Navícula* cf. *grevillei* y varias especies más, aún no definidas a nivel específico. Las mismas han sido graficadas conjuntamente, configurando un claro ciclo de fijación anual, con colonizaciones de elevada densidad a lo largo de todo el año y con un período de menor fijación en los últimos tres meses de ensayo. No se observan preferencias en la colonización por ninguno de los tres niveles de profundidad y si bien

logran colonizar los paneles internos, lo hacen en menor densidad.

Nitzschia sigma (fig. 11)

El género *Nitzschia* ha estado representado durante este ensayo por cinco especies, de las cuales la más importante ha resultado ser *Nitzschia sigma*. Esta diatomea ha colonizado los sustratos experimentales principalmente durante primavera/otoño, si bien durante invierno/verano se la registra en cantidades mínimas. Se observa un claro predominio en la colonización de los paneles externos, con una mayor densidad en los niveles superiores.

Pleurosigma spp. (fig. 11)

El género *Pleurosigma* ha estado representado por tres especies que han sido graficadas agrupadamente. En su conjunto han logrado colonizar los paneles experimentales a lo largo de todo el año, con una densidad levemente mayor en el nivel C. Su ciclo principal se extiende entre los meses de marzo y junio, siendo la colonización en los paneles internos mucho menor que la registrada en los externos.

Rhoicosphenia curvata (fig. 11)

Esta especie no había sido citada hasta el momento como integrante de las comunidades incrustantes de nuestro país. Se trata de una diatomea característica de aguas dulces y mixohalinas. Ha estado presente exclusivamente durante el primer semestre del ensayo y en bajas densidades, con una mayor colonización en los niveles B y C durante los meses de enero y febrero. Se observa una mínima fijación en los paneles pertenecientes a la zona interna. (18, 19, 20).

Surirella spp. (fig. 12)

Este género, frecuente en aguas dulces y mixohalinas, también es citado por vez primera como integrante de las comunidades incrustantes de nuestro país. Está representado en la zona de estudio por dos especies que han sido graficadas conjuntamente. Se las ha encontrado a lo largo de todo el año en bajas densidades, con un leve incremento durante fines del invierno y primavera. Estas diatomeas no parecen presentar preferencias batimétricas y se las encuentra tanto en paneles externos como internos (18, 19, 20).

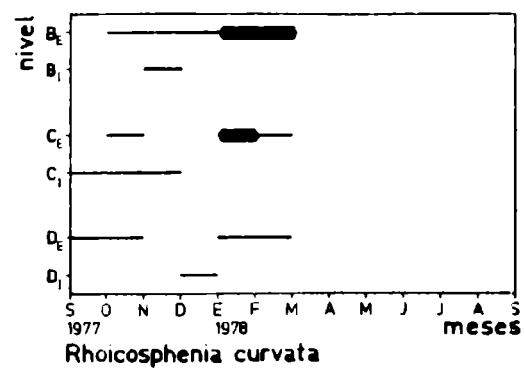
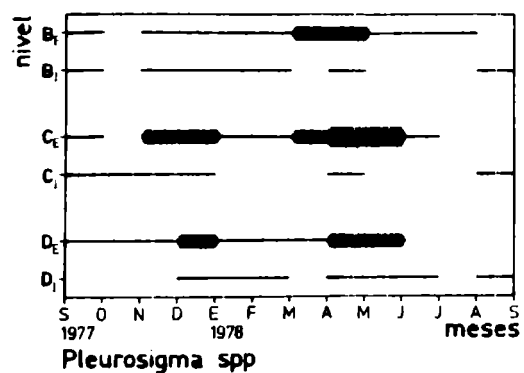
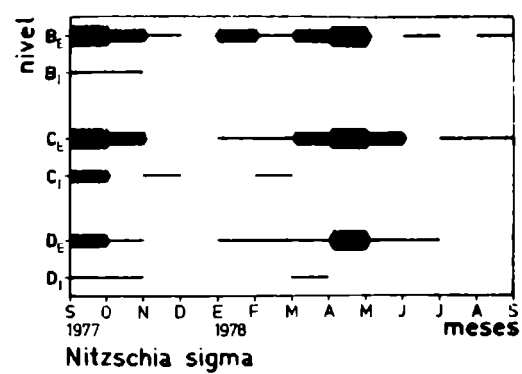
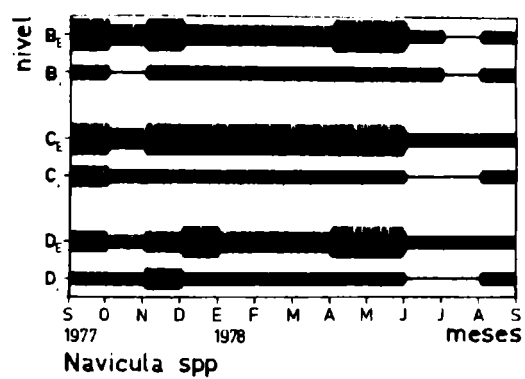
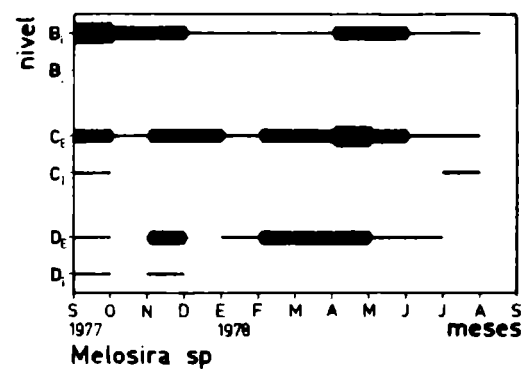
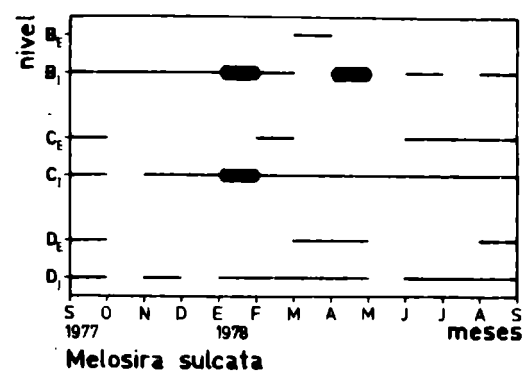


Figura 11.- Ciclos de fijación sobre paneles mensuales

Synedra spp. (fig. 12)

Se trata de un género que, al igual que el anterior, está representado por más de una especie aún no determinadas y que en esta oportunidad se han graficado conjuntamente.

Si bien están presentes a lo largo de todo el año, puede evidenciarse un período principal de fijación durante los meses de febrero a junio, sin observarse mayores diferencias de densidad entre los niveles de profundidad estudiados. También colonizan los paneles internos, pero en menores densidades.

Enteromorpha spp. (fig. 12)

Esta clorofita ha sido considerada durante sus primeras etapas de colonización como integrante del microfouling.

El género está representado en la zona por dos especies, muy difíciles de diferenciar sistemáticamente durante sus primeras etapas de vida.

El ciclo de colonización se extiende fundamentalmente desde el inicio del ensayo hasta el mes de marzo, con una clara preferencia por los niveles B y C, que son aquellos más iluminados; la mayor densidad en la fijación se observa durante la primavera. Estas algas han estado ausentes durante todo el ciclo en los paneles internos.

Pediastrum sp. (fig. 12)

En los ensayos realizados en los puertos de Mar del Plata y Belgrano, no habían sido registrados representantes de la familia Hydrodictyaceae. El presente género, de origen dulceacuícola, se encuentra en Puerto Quequén en forma rara. Debido a la reducida y esporádica fijación de este organismo, no llega a configurarse un claro ciclo de colonización (18, 19, 20).

Scenedesmus quadricauda + *S. acuminatus* (fig. 12)

Estas dos especies de Scenedesmaceae, de origen dulceacuícola, han sido graficadas conjuntamente por estar presentes en la zona de estudio durante igual período. Hasta el presente no habían sido citadas como integrantes de las comunidades incrustantes de nuestro país. Su ciclo de colonización se extiende desde noviembre a marzo, siendo su presencia rara o escasa; en este período se la

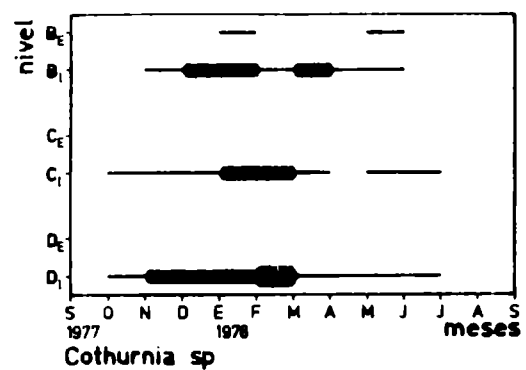
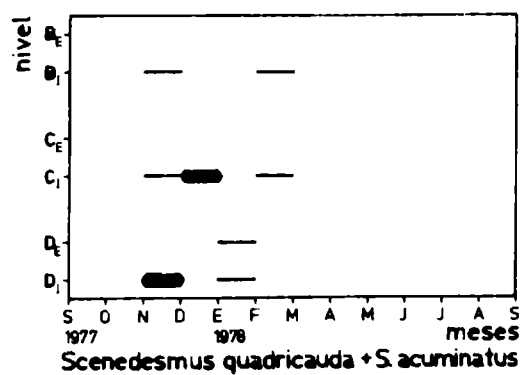
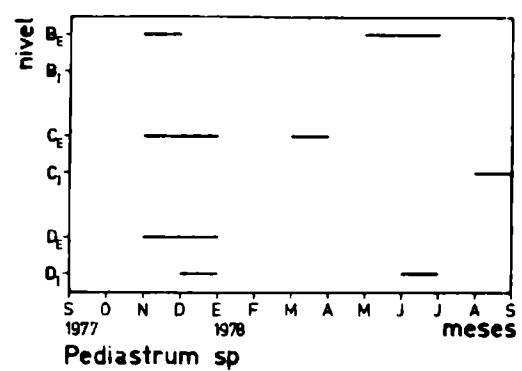
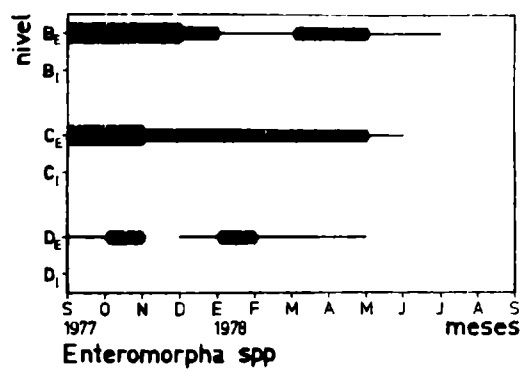
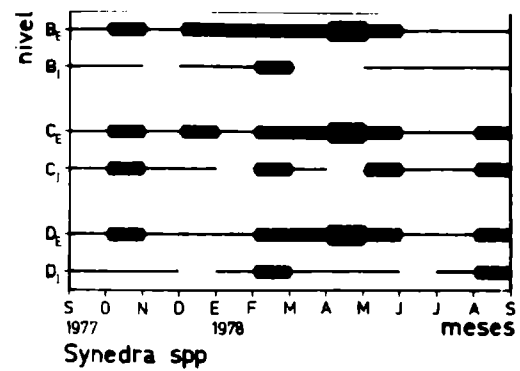
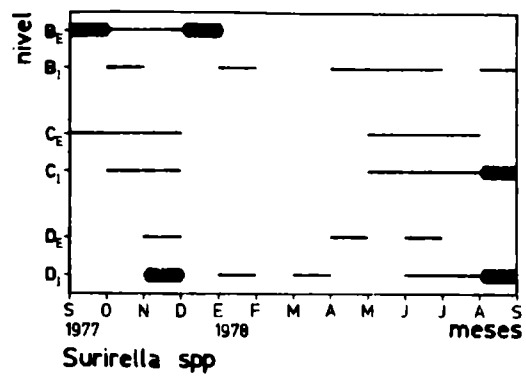


Figura 12.- Ciclos de fijación sobre paneles mensuales

registra con mayor frecuencia en los paneles internos.

Como en el caso anterior, estas especies no llegan a configurar un claro ciclo de colonización.^(18, 19, 20).

Cothurnia sp. (fig. 12)

Este ciliado sésil, si bien había sido registrado anteriormente en el puerto de Mar del Plata, nunca había estado presente en cantidades suficientes como para permitir la graficación de su ciclo de fijación. En Puerto Quequén ha sido registrado con mayor frecuencia, presentando un ciclo principal que se extiende entre noviembre y marzo, si bien hay mínimas colonizaciones en los meses previos y posteriores. Existe una marcada preferencia por los paneles ubicados en la zona interna, con mayor abundancia en el nivel D.^(6, 22).

Lacrymaria sp. (fig. 13)

Este ciliado libre ha sido registrado a lo largo de casi todo el año, si bien en bajas densidades, sin llegar a configurar un claro ciclo de fijación.

Ha colonizado con mayor frecuencia y densidad los paneles internos, hecho que coincidiría con lo observado en el puerto de Mar del Plata, donde muestra preferencia por los niveles menos iluminados.

Zoothamnium sp. (fig. 13)

Como en el resto de los puertos argentinos estudiados hasta el presente, este organismo resulta ser el protozoo más importante de las comunidades incrustantes de Puerto Quequén. Junto con las diatomeas, constituye uno de los organismos de mayor significación en las etapas tempranas de la colonización^(2, 3, 6, 7, 22).

Presenta un claro ciclo de fijación anual, si bien con algunas oscilaciones en el grado de densidad. No muestra preferencias por ninguno de los niveles de profundidad estudiados y resulta ser casi siempre más abundante en los paneles internos. Este último aspecto está relacionado con la menor competencia con diatomeas y otros vegetales, que no encuentran condiciones propicias en esta zona carente de luz.

Acineta sp. (fig. 13)

El grupo de los suctorios está integrado en Puerto Quequén

por *Acineta* sp. y *Ephelota* sp., siendo este último el menos representado.

Durante el presente período, *Acineta* sp. se ha registrado en forma esporádica y en bajas densidades, sin constituir un ciclo de fijación definido; octubre ha sido el mes en que se registra la mayor colonización. Si bien puede fijarse en los paneles externos, suele ser más frecuente en aquellos internos, donde se presenta en mayor densidad.

Colurella sp. + *Diurella* sp. (fig. 13)

Junto con *Trichocerca*, constituyen los géneros de rotíferos registrados hasta el presente en las comunidades incrustantes locales. Los géneros *Trichocerca* y *Colurella* ya habían sido citados previamente para las incrustaciones del puerto de Mar del Plata, mientras que *Diurella* se cita por primera vez para este tipo de comunidades.

Colurella y *Diurella* han sido graficadas conjuntamente, mostrando una colonización esporádica y en mínimas densidades a lo largo de todo el estudio, sin llegar a configurar un claro ciclo de fijación. Estos rotíferos pueden colonizar todos los niveles de profundidad estudiados, tanto en paneles externos como internos.

Nematodes (fig. 13)

Este grupo está constituido por diversas especies, que no han podido ser determinadas aún por falta de especialistas en el tema.

Durante el presente ensayo, estos organismos han sido registrados a lo largo de todo el año, si bien en proporciones notablemente inferiores a lo que suele observarse en el puerto de Mar del Plata. Dada su escasa densidad, no configuran un claro ciclo de fijación, si bien se notan picos en la colonización al principio del ensayo y entre febrero y mayo. Colonizan los tres niveles de profundidad en igual medida, con clara preferencia por los paneles ubicados en la zona interna.

Copépodos Harpacticóideos (fig. 13)

Este grupo está integrado por las siguientes especies: *Ameira* sp., *Amphiascus* spp., *Dactylopodia* sp., *Harpacticus* sp., *Lao-phonte* sp., *Nitocra* spp., *Paralaophonte* sp. y *Tisbe* sp..

Debido a la necesidad de efectuar disecciones de cada uno de los individuos para la determinación específica y por razones de orden práctica, se han graficado todas las especies conjuntamente.

Coincidentemente con lo observado en los puertos de Mar del Plata y Belgrano, este grupo ha estado presente a lo largo de todo el año y en altas densidades.

Durante este ensayo, se observa un aumento en la densidad de colonización en verano/otoño; la fijación en los tres niveles de profundidad y en ambas zonas (externa e interna) resulta semejante.

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL MICROFOULING LOCAL

El microfouling de Puerto Quequén presenta un grado de diversificación considerable, hecho probablemente relacionado con las características transicionales del lugar que permite tanto la presencia de organismos típicamente marinos como también estuariales (⁵, ¹⁰).

Las diatomeas han constituido uno de los grupos más importantes del microfouling de Puerto Quequén. Durante el presente ensayo, se ha registrado un total de veintiseis géneros y más de cuarenta especies, algunas aún no determinadas en forma definitiva.

La diversidad genérica de diatomeas es igual de importante que la observada en el puerto de Mar del Plata y más del 50 por ciento de los géneros se registran en ambos puertos. Las diferencias entre ambas zonas están dadas principalmente por la presencia de formas dulceacuícolas y mixohalinas (*Surirella* spp., *Melosira granulata*, *Rhoicosphenia curvata*, etc.) en Puerto Quequén y la presencia, en Mar del Plata, de formas planctónicas típicamente marinas, como por ejemplo *Bacteriastrium*, *Chaetoceros* y *Skeletonema*, que se integran al fouling por procesos de sedimentación (¹, ², ⁶, ⁸, ²²).

Las diatomeas más importantes en Puerto Quequén han resultado ser: *Navícula grevillei* y otras especies del género, *Melosira granulata* y *Achnantes longipes*; le siguen en importancia *Synedra* spp., *Lymnophora abbreviata* y *Nitzschia sigma*. El resto de las especies colonizan los paneles experimentales en densidades menos importantes, no llegando a configurar, en la mayoría de los casos, claros ciclos de fijación.

Merece destacarse que, pese a los requerimientos luminosos de las diatomeas, algunas especies logran colonizar en densidades sig-

nificativas los paneles internos, carentes de iluminación; tal es el caso de las diversas especies de los géneros *Navicula* y *Coscinodiscus* y de *Melosira granulata*, entre otras.

Las clorofitas están representadas en el microfouling local por seis géneros, por lo que este grupo estaría más diversificado que en otros puertos estudiados anteriormente, debido a la presencia de formas mixohalinas típicas de este ambiente. En cuanto a *Enteromorpha*, se la ha incluido dentro del microfouling por considerarse exclusivamente sus etapas iniciales de fijación; el resto de las clorofitas registradas son formas microscópicas.

Los protozoos presentan, en Puerto Quequén, una menor diversidad que en Mar del Plata, si bien esto puede deberse a que hasta el presente se lleva realizado un único ensayo y aún falta definir algunos géneros de ciliados libres. *Zoothamnium* ha resultado ser el protozoo más importante del microfouling local, coincidente con lo observado en otros puertos (1, 2, 6, 22).

Los rotíferos están representados en la zona por tres géneros, si bien las colonizaciones se producen en forma esporádica y en bajas densidades.

A diferencia de lo observado en el puerto de Mar del Plata, los nematodos no juegan un papel muy importante dentro del microfouling de Puerto Quequén. Esto está probablemente relacionado con las condiciones de menor contaminación en esta última zona. (1, 2, 6, 22).

Los copépodos están ampliamente diversificados y representados por nueve géneros, en su mayoría del grupo de los harpacticoides. En otros puertos estudiados previamente, si bien cuantitativamente son importantes, existe una menor diversidad genérica (3, 7).

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al personal de DEBA, CIDEPIINT e INIDEP, que colaboró de diversas formas en el desarrollo del presente estudio; a la Dra. Zulma A. de Castellanos, por sus atenciones y las facilidades de trabajo brindadas en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata; a la Dra. Rosa E. Pallares, por la identificación de Copépodos; a la Lic. Victoria Lichtschein de Bastida, por su ayuda en la elaboración del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) Bastida, R., 1970.- Las incrustaciones biológicas de las costas argentinas. La fijación mensual en el puerto de Mar del Plata durante tres años consecutivos. LEMIT, 4-1970: 1-55.
- (²) Bastida, R., 1971.- Las incrustaciones biológicas del Puerto de Mar del Plata, período 1966/67. Rev. Mus. Arg. Csas. Nat. B. Rivadavia, Hidrobiol., 3 (2): 203-285.
- (³) Bastida, R., 1972.- Studies on the fouling communities along Argentine coasts. Proc. 3rd. Int. Congr. Mar. Corros. and Foul. (Gaythersburg, Maryland): 1-17.
- (⁴) Bastida, R., 1978.- Las incrustaciones biológicas (fouling) y su acción de deterioro sobre las estructuras sumergidas. CIDEPINT-Anales: 57-101.
- (⁵) Bastida, R. y G. Brankevich, 1980.- Estudios ecológicos preliminares sobre las comunidades incrustantes de Puerto Quequén (Argentina). V Congreso Int. de Corrosión Marina e Incrustaciones, 19-23 de mayo de 1980, Barcelona, España; Sección Biología Marina: 113-138.
- (⁶) Bastida, R., M. E. T. de Mandri, V. L. de Bastida y M. Stupák, 1980. Ecological aspects of marine fouling at the port of Mar del Plata (Argentina). V Congreso Int. de Corrosión Marina e Incrustaciones, 19-23 de mayo de 1980, Barcelona, España; Sección Biología Marina: 299-320.
- (⁷) Bastida, R., E. Spivak, S. L'Hoste y H. E. Adabbo, 1974.- Las Incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano. I. Estudio de la fijación sobre paneles mensuales, período 1971/72. Corrosión y Protección (España), 8 (8): 11-31.
- (⁸) Bastida, R. y M. E. Stupak, 1979.- Las diatomeas de las comunidades incrustantes del Puerto de Mar del Plata. CIDEPINT-Anales: 91-167.
- (⁹) Bastida, R. y M. R. Torti, 1973.- Estudio preliminar de las incrustaciones biológicas de Puerto Belgrano (Argentina). LEMIT-Anales, 3-1971: 45-75.
- (¹⁰) Boltovskoy, E. y A. Boltovskoy, 1968.- Foraminíferos y Tecamebas de la parte inferior del río Quequén Grande, provincia de Buenos Aires, Argentina (sistemática, distribución, ecología). Rev. Mus. Arg. Csas. Nat. B. Rivadavia, Hidrobiol., 2 (4): 127-172.
- (¹¹) Brunel, J., 1962.- Phytoplankton de la Baie des Chaleurs. Contr. Min. Chasse et de Pêche, Québec, 91: 1-365.

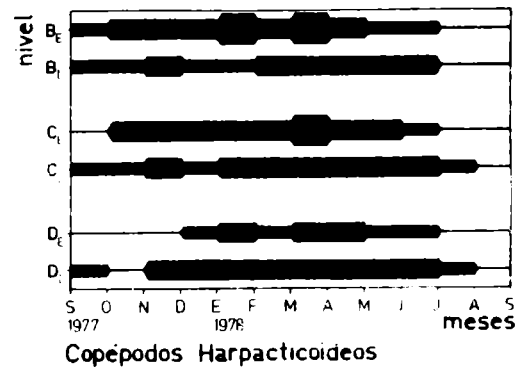
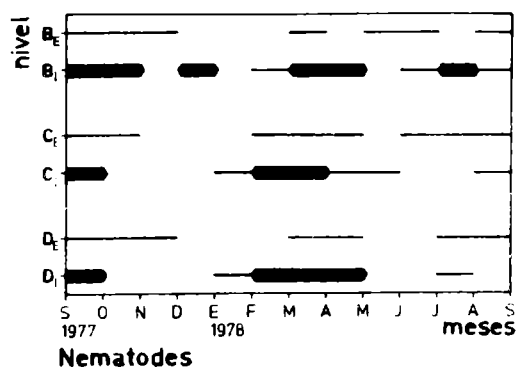
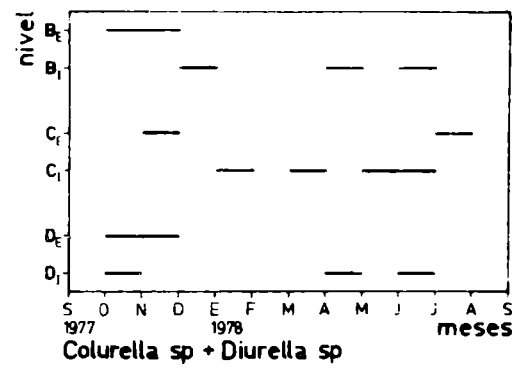
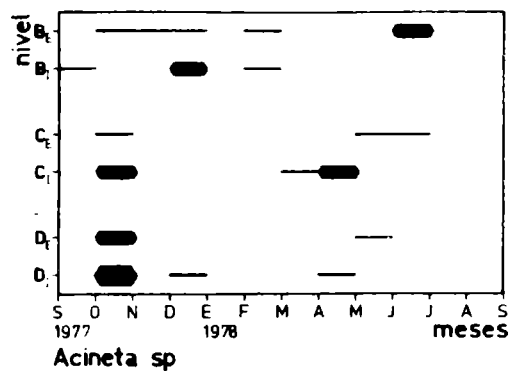
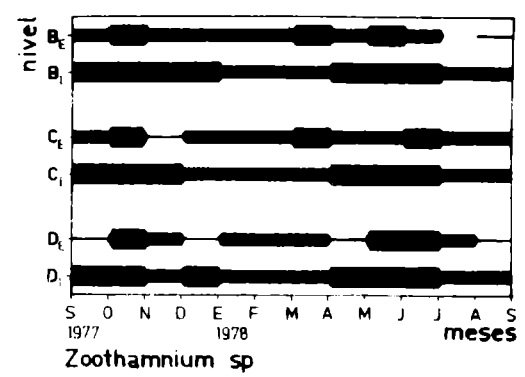
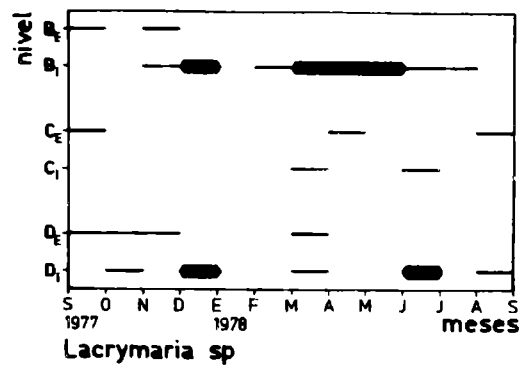


Figura 13.- Ciclos de fijación sobre paneles mensuales

- (¹²) Crosby, L. H. y E. J. F. Wood, 1958.- Studies on Australian and New Zealand Diatoms. I. Planktonic and Allied Species. Trans. Roy. Soc., New Zealand, 85 (4): 483-530.
- (¹³) Crosby, L. H. y E. J. F. Wood, 1959.- Studies on Australian and New Zealand Diatoms. II. Normally Epontic and Benthic Genera. Trans. Roy. Soc. New Zealand, 86 (1-2): 1-58.
- (¹⁴) Frenguelli, J., 1930.- Diatomeas marinas de la costa atlántica de Miramar (Prov. de Buenos Aires). Mus. Nac. Hist. Nat. B. Rivadavia, 36: 243-311.
- (¹⁵) Frenguelli, J., 1938.- Diatomeas de la Bahía de San Blas (Prov. de Buenos Aires). Rev. Mus. La Plata (n. s.), I, Bot. (5): 251-337.
- (¹⁶) Frenguelli, J., 1939.- Diatomeas del Golfo de San Matías (Río Negro). Rev. Mus. La Plata, II, Bot., (10): 201-226.
- (¹⁷) Frenguelli, J., 1941.- Diatomeas del Río de la Plata. Rev. Mus. La Plata (n. s.), III, Bot. (15): 213-334.
- (¹⁸) Rivera, P. R., 1968.- Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción. Chile, Gayana, Bot., 18: 1-111.
- (¹⁹) Rivera, P. R., 1973.- Diatomeas epífitas en *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Panpefuss recolectada en la costa chilena. Gayana, Bot., 25: 1-115.
- (²⁰) Rivera, P. R., O. B. Parra y M. S. González, 1973. Fitoplankton del Estero Lenga, Chile. Gayana, Bot., 23: 1-93.
- (²¹) Servicio de Hidrografía Naval, 1958.- Derrotero Argentino, parte II, H. 202, Público, 373 pp.
- (²²) Stupak, M. E., R. Bastida y P. Arias, 1980.- Las incrustaciones biológicas del Puerto de Mar del Plata (Argentina). Período 1976/77. CIDEPINT-Anales, 173-231.
- (²³) Woods Hole Oceanographic Institution, 1952. Marine Fouling and its Prevention. U. S. Naval Inst., Annapolis, Maryland, 388 pp.